مجلهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، شمارهٔ پنجم، پاییز و زمستان ۱۳۸۴

دکتر مجتبی یمانی
گروه جغرافیا، دانشگاه تهران
ابوالقاسم دادرسی
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
زهرا داورزنی
کارشناس ارشد جغرافیا

پهنه‌بندی فرسایش در حوضهٔ آبخیز داورزن

با استفاده از الگوهای منطق فازی

چکیده:

پدیدهٔ فرسایش همواره به عنوان یکی از مهمترین عوامل هدردهندهٔ منابع ارضی به شمار می‌رود. با توجه به روند افزایش فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز، استفاده از روشها و تکنیکهای دقیقتر برای مطالعه و ارزشیابی فرآیند تخریب و فرسایش با هدف حفاظت منابع آب و خاک ضروری می‌نماید. منطقهٔ مورد مطالعه حوضهٔ آبخیز داورزن در شهرستان سبزوار است. پدیدهٔ فرسایش در این حوضه، در سالهای اخیر روند افزایشی و چشمگیری داشته است. در این پژوهش، ضمن شناسایی عوامل مؤثر بر فرسایش حوضه، به منظور ارزیابی دقیق درجهٔ تأثیرگذاری هریک از عوامل بر پدیدهٔ مزبور، از الگوی منطق فازی برای پهنه‌بندی خطر فرسایش استفاده شده است.الگوی مذکور به دلیل درنظر گرفتن محدوده‌ای از احتمالات به جای اختصاص به یک عدد قطعی برای وزن‌دهی به عوامل، می‌تواند تجزیه و تحلیل دقیقتری را از نقش عوامل طبیعی و انسانی ارائه نماید. برای افزایش میزان دقّت محاسبات و سرعت پردازش اطّلاعات و تلفیق لایه‌های اطّلاعاتی، از سیستم اطّلاعات جغرافیایی در قالب نرم افزار الویس استفاده شده است. سپس با بهره گیری از قواعد و ترکیب توابع عضویّت فازی و کاربرد عملکردهای جمع جبری فازی، ضرب جبری فازی و فازی گاما با توابع ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ اقدام به آزمون آنها با توجه به شرایط منطقه برای مشخص نمودن مناسبترین روش برای پهنه‌بندی خطر فرسایش

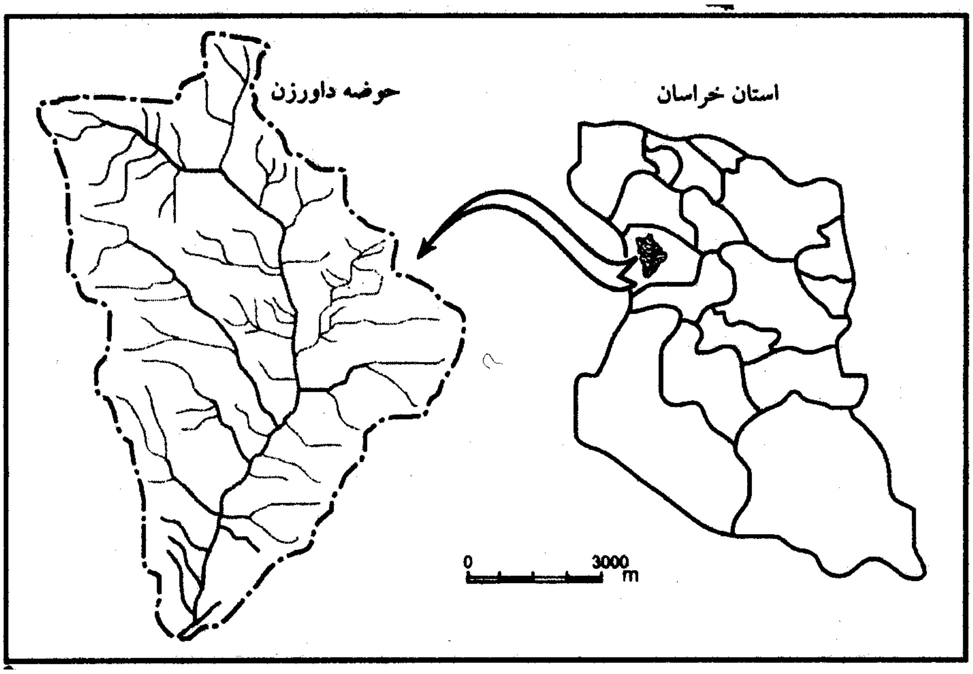
گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که اپراتور ۰/۵ در الگوی فازی گاما، بهترین پهنه‌بندی را در حوضهٔ داورزن ارائه داده است.

واژه‌های کلیدی: فرسایش، پهنه‌بندی،الگوی منطق فازی، حوضهٔ آبخیز داورزن، شهرستان سبزوار.

درآمد:

امروزه خاک یکی از مهمترین منابعی است که می‌تواند بسیاری از نیازهای جمعیّت امروزهٔ جهان را برآورده سازد. اهمیّت خاک به دلیل رشد فزایندهٔ جمعیّت و بروز نیازهای جدید برای تأمین غذا جهت مصرف بی‌رویهٔ جمعیّت رو به رشد، بیشتر مشخص می‌شود. بنابراین انجام مطالعات خاک، جهت حفاظت و بهره‌برداری بیشتر از آن احساس می‌شود. در این راستا یکی از مهمترین مسائل و مشکلاتی که در زمینهٔ استفاده از خاک به وجود می‌آید، مسألهٔ فرسایش آن است. فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی است، ولی در برخی از مناطق دخالت نابخردانهٔ انسانها می‌تواند این فرآیند را تشدید سازد، به گونه‌ای که با شخم زدن در شیب‌های تند، قطع درختان، تخریب مراتع و تبدیل مراتع به زمین‌های کشاورزی کم بازده، شرایط را برای تخریب و فرسایش فراهم می‌سازد. در کشور ایران، طیّ چند دههٔ اخیر فرسایش خاک و مشکلات ناشی از آن سیر صعودی داشته است. براساس آمار سال ۱۳۵۰، میزان فرسایش خاک کشور، حدود یک میلیارد تن برآورد شده است. در حالی که این میزان در سال ۱۳۶۰ به ۱/۵ میلیارد تن، در سال ۱۳۷۰ به ۲/۵ میلیارد تن رسیده و تنها زیان مستقیم این میزان فرسایش در سال برابر ۷/۶ میلیارد دلار برآورد شده است (رفاهی، ۱۳۷۵).

حوضهٔ مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و در غرب دشت سبزوار و با مختصّات جغرافیایی ″۴′۵۷°۵۶ تا ′۴°۵۷ طول شرقی و ″۵۰′۲۵°۳۶ تا ′۳۳°۳۶ عرض شمالی واقع شده است (شکل شمارهٔ ۱). وسعت این حوضه با اندازه‌گیری پلانیمتری از روی نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقه برابر ۶۹/۴۹۸ کیلومتر مربع به‌دست آمده است. بلندترین نقطه با ارتفاع ۲۹۴۰ متر کوه گر در شمال حوضه و حداقل ارتفاع حوضه ۱۳۶۰ متر در محل خروجی آن است. ارتفاع متوسط بارندگی در منطقهٔ مورد مطالعه ۲۳۷/۲۴ میلی‌متر برآورد گردیده است. میانگین سالانهٔ دما و رطوبت نسبی هوا در منطقه به ترتیب ۶/۴۳ درجه و ۳۱/۳ درصد بوده است.



شکل شمارهٔ ۱. موقعیّت حوضهٔ آبخیز داورزن در استان خراسان رضوی

شرایط آب و هوایی حوضهٔ آبخیز مورد مطالعه، وضعیّت توپوگرافی، شیب نسبتاً زیاد دامنه‌ها و سست بودن سازندهای زمین‌شناسی (حدود ۶۰ درصد اراضی حوضه تیپ کوهستانی است.) موجب حسّاس بودن حوضه به فرسایش شده است. بنابراین، تحت تأثیر عوامل محیطی ذکر شده، بهره‌برداری غیراصولی از اراضی، پدیدهٔ فرسایش را در حوضهٔ تحت بررسی تشدید نموده است، زیرا در تمامی سطح حوضه، آثار فعالیّتهای انسانی به صورتهای گوناگون قابل مشاهده است. عوامل انسانی مانند بهره‌برداری نادرست از مراتع در قالبهای: چرای دامها، احداث راههای ارتباطی، حفر کانالها و نهرهای انتقال آب به منظور آبیاری، استفاده از پوشش گیاهی به منظور تأمین سوخت به شکلهای مختلف، فرسایش در حوضهٔ مورد مطالعه را شدّت بخشیده است. تحت تأثیر این عوامل، شستشوی خاک در بیشتر نقاط حوضه به خصوص در دامنه‌هایی که عملیّات کشاورزی روی آن انجام می‌گیرد، به صورت پدیده‌ای غالب مشاهده می‌شود. این فرآیند به مرور زمان، باعث خروج مقادیر قابل توجهی خاک قابل کشت از حوضه شده است. از سوی دیگر، کوهستانی بودن و شرایط اقلیمی خاصّی که در

حوضه حاکمیّت دارد، احتمال وقوع جریان شدید آب و تشکیل سیلاب را افزایش داده است و به طور مستقیم باعث از دست رفتن خاکهای قابل کشاورزی، تغییر مرفولوژی رودخانه، کاهش ظرفیّت آبراهه‌ها و همچنین وارد آوردن خسارات مالی و جانی فراوانی شده است. از نتایج غیرمستقیم فرسایش نیز می‌توان کاهش حاصلخیزی خاک و بازدهی کشاورزی را نام برد، که نهایتاً تخلیهٔ آبادیهای موجود در حوضه و نابودی بخش کشاورزی را به دنبال داشته است. همه این عوامل، بیان مسأله تحقیق را تشکیل داده‌اند.

تلاش در جهت کاهش مقدار فرسایش با هدف نزدیک نمودن فعّالیّتها برای حفاظت از خاک، از جمله اقدامات مؤثری است که می‌تواند منابع آب و خاک را در شرایط مطلوب خود در منطقه حفظ نماید. برای دستیابی به این مهم شناخت متغیّرهای مؤثر در فرسایش و شناسایی مناسبترین روش برای پهنه‌بندی خطر فرسایش براساس اصول و قواعد صحیح و نتیجه‌بخش و نیز تعیین محدوده‌های در معرض خطر فرسایش و سرانجام انتخاب مناسبترین راهکار در پیشگیری و مبارزه با فرسایش در حوضهٔ مورد نظر اهداف اصلی این تحقیق را تشکیل داده‌اند. بدیهی است، پهنه‌بندی خطر فرسایش در مرحلهٔ اول نیاز به شناخت ویژگیهای فرسایش دارد. این خود مستلزم نوعی گروه‌بندی فرسایش از نظر آسیب‌پذیری و گروه‌بندی مجموعهٔ عملیّات و فعّالیّت عمرانی و توسعهٔ متناسب با استعداد اراضی است. بررسی و ارزشیابی میان مسائل توسعه و خطرات موجود یا احتمالی ناشی از آن، با هدف تلفیق جنبه‌های توسعه همراه با کاهش خطرات فرسایش از موارد بسیار مهم در پهنه‌بندی خطر فرسایش است.

پیشینهٔ تحقیق نشان می‌دهد که مطالعات زیادی در زمینهٔ فرسایش صورت گرفته است. اولین تحقیقات علمی در زمینهٔ فرسایش خاک بین سالهای ۹۵-۱۸۷۷ توسط دلفی[1] دانشمند آلمانی صورت گرفته‌است (رفاهی، ۱۳۷۵). با گذشت زمان، نتایج و بررسی‌های مشابه انجام شده است. اولین گزارش در مورد فرسایش خاک در ایران، در سال ۱۳۳۷ توسط دوان دوبین[2] کارشناس فائو تهیه و منتشر شد (بیکر[3]، ۲۰۰۴). تاکنون در مطالعات فرسایش خاک، الگوهای مختلفی کاربرد داشته است. بیشتر این الگوها بر روش تجربی استوار است. این الگوها خود به دو دسته از روشهای کمّی و کیفی تقسیم می‌شوند. دو روش مذکور نیاز به آمار و اطّلاعات دقیقتری داشته و عمدتاً برای حوضه‌های کوچک و تقریباً یکنواخت مورد استفاده قرار می‌گیرند. نظریهٔ

1. Delphi 1895
2. Dobbin. D
3. Baker. M 2004

مجموعهٔ فازی در سال ۱۹۶۵ توسط عسگرزاده پژوهشگر ایرانی تبار دانشگاه برکلی آمریکا عرضه گردید. این نظریّه از زمان ابداع تا به امروز به طور روزافزونی در حال گسترش بوده و کاربردهای گوناگونی پیدا کرده است. کاربرد این تئوری در علوم خاک و زمین‌شناسی در دههٔ اخیر رشد روزافزونی یافته است. در تئوری مذکور، به جای اختصاص یک عدد قطعی، از مجموعه احتمالات برای بیان وزن‌دهی به عوامل استفاده می‌شود. روشن است که استفاده از آن در علوم زمین‌شناسی و خاک‌شناسی به دلیل استفاده از عوامل غیردقیق و مبهم می‌تواند مؤثر واقع شود. استفاده از تئوری مذکور در الگو کردن پدیده‌های فیزیکی نقشه‌برداری و طبقه‌بندی خاک به طور مفصّل توسط براتی و ایناکو[1] مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجهٔ این بررسیها با همدیگر نشان می‌دهد که به دلیل پیچیدگی فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی خاک، استفاده از این الگو برای بررسی فرسایش، الگوسازی و تهیهٔ نقشه تیپ خاک بسیار مناسب است. قدوسی، در زمینهٔ کاربرد الگوی منطق فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای الگوسازی مورفولوژی فرسایش خندقی، تحقیقی را انجام داده است. نتایج حاصل از ارزیابی الگوهای مورد استفاده نشان می‌دهد که اپراتورهای الگوی منطق فازی بیشترین درصد همپوشانی را با عرصه‌های کنترل دارا هستند (قدوسی، ۱۳۸۲).

مواد و روشها:

در الگوهای مربوط به علوم زمین، لزوم واقع‌نگری و پرهیز از مفروضات غیرواقع و اجتناب از کلان‌نگری دارای اهمیت زیادی است. راه عملی برای دستیابی به این مهم تعریف اهداف الگو و مشخص کردن مجهولات است. از این‌رو، پیش‌نیاز آن تبیین الگوهای مفهومی برای پدیدهٔ مورد نظر و صحّت‌یابی و اعتبارسنجی آن است. از سوی دیگر نیز در وقوع پدیده‌های طبیعی مانند فرسایش، عوامل چندی به طور همزمان ایفای نقش می‌نمایند که ارزشیابی نقش دقیق درجهٔ تأثیرگذاری هر کدام از آنها به دلایل اقتصادی و عملیاتی امکان‌پذیر نیست. شناخت صحیح نقش هرکدام از عوامل برای محاسبهٔ احتمال وقوع پدیدهٔ مذکور امری اجتناب ناپذیر است. اگر عوامل به درستی شناسایی نشوند و نقش دقیق آنها در محاسبهٔ احتمال وقوع پدیدهٔ مذکور درنظر گرفته نشود، نتیجهٔ قابل اطمینانی به دست نخواهد آمد، زیرا اصولاً در بیشتر موارد، پیش‌بینی رویدادهایی نظیر فرسایش، نیازمند شناخت عوامل و روابط بین آنهاست که برخی از آنها در طول

1. Beranty & Inaco

زمان تغییر می کند. شاید به این دلیل ا ست که دستیابی به الگوهای مورد نیاز در چارچوب الگوهای مبتنی بر قوانین فیزیکی با حداقل محدودیّت روبر می‌شود، زیرا اصولاً چنین الگوهای دارای مبانی تعریف شده، مفهومی نیستند به همین خاطر بیان وزن عوامل همراه با عدم قطعیت است، تبدیل مفاهیم زبانی و اعداد قطعی به صورت مجموعه‌های فازی، مهمترین بخش استفاده از قوانین فازی است. در این مرحله، مقادیر مورد استفاده، که با توصیف‌های طبیعی همراه است، به مجموعه‌های متناسب با مفاهیم یا عدد قطعی درنظرگرفته شده تبدیل می‌شود. با توجه به شرایط منطقهٔ مورد مطالعه و لزوم کار بیشتر روی این حوضه جهت عملیّات حفاظت آب و خاک از الگوی منطق فازی استفاده شده است. استفاده از این الگو مرحلهٔ کاملتری در گردآوری اطّلاعات و تجزیه و تحلیل مسائل و اطلاعات و همچنین دقّت بالاتری را نسبت به سایر الگوها ارائه می‌دهد. این موضوع به دلیل پیچیدگی و عدم شناخت دقیق نقش عوامل مؤثر در فرسایش، دارای اهمیّت است. از آنجا که استفاده از مجموعهٔ فازی در تهیه نقشه‌ها از دقّت بالایی برخوردار است، بنابراین برای بیان جزئیات و پهنه‌بندی، کارآیی بالایی را برای نشان دادن واحدهای کوچکتر دارد. از این‌رو از مجموعهٔ فوق برای بیان وزن دهی به عوامل و پهنه‌بندی خطر فرسایش استفاده شده است. براساس نظریهٔ مجموعهٔ فازی عضویّت اعضاء در مجموعه به طور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجهٔ عضویت از صفر تا یک است. در این تحقیق مجموعه‌های درنظرگرفته شده، اعضای آن، واحدهای هرکدام از نقشه‌های پایه و معیار عضویّت در مجموعه، تعیین پهنه‌های فرسایش‌پذیر و درجهٔ عضویت بین صفر تا یک است. در این الگو هیچ واحدی فرسایش‌پذیر مطلق در نظر گرفته نمی‌شود و به همین دلیل وزنهای داده شده نه صفر است و نه یک، بلکه بین صفر و یک متغیّر است. در این الگو نقشه‌های پایه در غالب اپراتورهای مختلف تلفیق یافته‌اند. در این تحقیق از اپراتورهای جمع جبری فازی[1]، ضرب جبری فازی[2] و فازی گاما[3] با توابع ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ استفاده شده است، که هریک خصوصیّات و قابلیّتهای ویژه‌ای دارند. امّا روش انتخاب مؤثرترین عوامل در شکل‌گیری و رخداد یک پدیده و کیفیّت داده‌های مربوط به آنها و چگونگی سازماندهی آنها، موضوعی است که به سهولت امکان‌پذیر نیست. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کیفیّت الگو به داده‌های انتخاب شده و چگونگی سازماندهی آن بستگی دارد. هرچه عوامل مرتبط بیشتری در یک الگو انتخاب شود، دقّت الگو بالاتر خواهد بود. از طرفی افزایش عوامل داده‌ها،

1. Fuzzy Algebraic sum
2. Fuzzy Algebraic Product
3. Fuzzy gamma

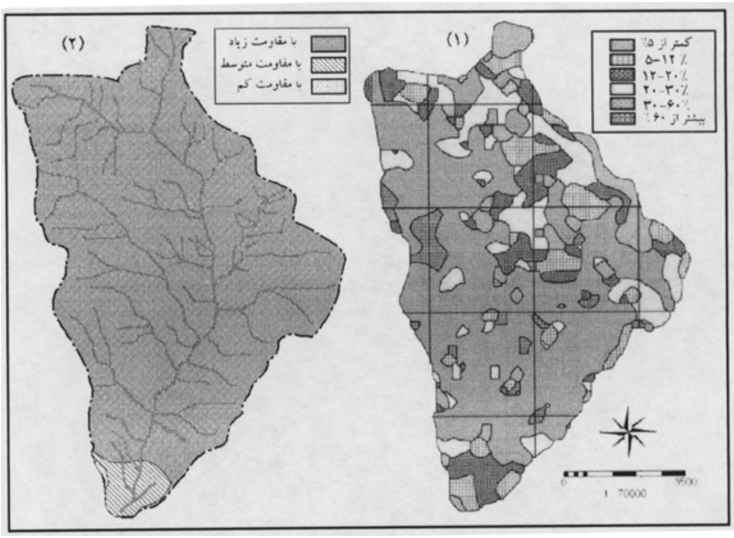
هزینهٔ الگو را افزایش داده و الگو را پیچیده‌تر می کند. لذا بهترین الگوهای پیش‌بینی فرسایش خاک، الگوهایی است که با کمترین عوامل، دقیقترین پیش‌بینی را انجام دهند. این موضوع با درنظر گرفتن قابلیّتهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، به‌ویژه در تلفیق داده‌های مربوط به عوامل مختلف، هر کدام با درجهٔ اهمیت متفاوت در پهنه‌بندی خطر فرسایش مؤثر واقع می‌شوند. اما در ارائه الگو برای پهنه‌بندی نمی‌توان تمام لایه‌های اطّلاعاتی را به همان دلایلی که ذکر شده وارد الگو نمود. در این تحقیق با توجه به شرایط منطقه و آمار و اطّلاعات موجود از پنج لایهٔ اطّلاعاتی شامل: شیب، حساسیّت سنگهای حوضه به فرسایش، گروههای هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی و نیز وضعیّت و گرایش پوشش گیاهی حوضه استفاده شده است. هر کدام از نقشه‌های مزبور توسط نرم‌افزار الویس [1] رستری و رقومی شده‌اند. لازم به ذکر است که نقشهٔ شیب حوضه با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی منطقه تهیه گردیده و منحنی ترازهای رقومی شده در حوضهٔ آبخیز با تراز ۱۰۰ متر ترسیم و رقومی گردیده‌اند. لازم به ذکر است که نقشهٔ شیب ترسیم شده و سپس DEM یا الگوی رقومی ارتفاع ساخته شده است. سپس شیب در شش کلاس به صورت درصد طبقه‌بندی گردیده است. نقشهٔ شماره ۱ پهنه‌بندی درصد شیب حوضه را نشان می‌دهد.

نقشهٔ حساسیّت سنگهای حوضه به فرسایش با استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشهٔ لیتولوژی تهیه شده است. با مشخص شدن وضعیّت لیتولوژی حوضه و با استفاده از جداول فیض‌نیا، کلاس حساسیّت سنگهای حوضه مشخص شده است. نقشهٔ شماره ۲ حساسیّت سنگهای حوضه را به فرسایش نشان می‌دهد.

نقشهٔ گروههای هیدرولوژیک خاک با استفاده از نقشهٔ منابع و قابلیّت اراضی و نقشهٔ خاک حوضه، تهیه شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار الویس کلیهٔ واحدهای خاک به صورت پلیگون [2] تفکیک شده و با توجه به گروههای اصلی تعیین شده توسط SCS [3]، گروههای هیدرولوژیک خاک حوضه مشخص گردید که دو گروه C و D، گروههای خاک حوضه را تشکیل می‌دهند. نقشهٔ شماره۳ گروههای هیدرولوژیک خاک حوضه را نشان می‌دهد.

1. Ilwis
2. Polygon

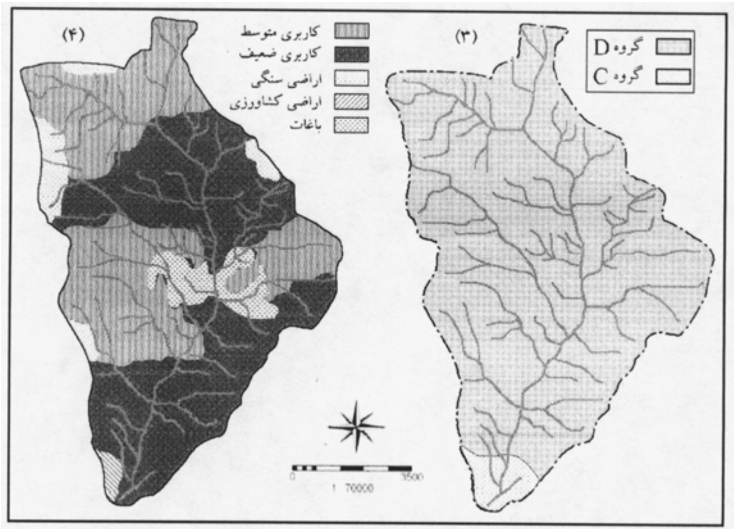
۳. سازمان حفاظت خاک در آمریکا



نقشهٔ ۱. پهنه‌بندی شیب حوضه داورزن نقشهٔ ۲. مقاومت نسبی سنگهای حوضهٔ داورزن

نقشهٔ کاربری اراضی[1] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال ۱۹۸۷ و مطالعات مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان خراسان تهیه گردید. به منظور دقّت بیشتر و به روز بودن واحدهای مختلف این نقشه مجدّداً از طریق مطالعات میدانی، تکمیل و کنترل گردید(نقشهٔ شماره ۴). در این نقشه چهار نوع کاربری: مراتع فقیر و مراتع متوسط، اراضی زراعی درختچه و باغات و اراضی صخره‌ای مشخص شد. نقشهٔ وضعیت و گرایش پوشش گیاهی، پس از تعیین تیپ گیاهی حوضه، با توجه به وضعیت وضعیت و گرایش پوشش گیاهی در هر تیپ، تعیین گردید.(در تعیین وضعیت و گرایش پوشش از روش سازمان جنگلبانی آمریکا[2] استفاده شده و در تعیین گرایش پوشش گیاهی از روش ترازوی گرایش استفاده گردیده است). در مجموع، حوضهٔ تحت بررسی از حیث پوششی گیاهی ضعیف است و گرایش پس رونده دارد. به گونه‌ای که ۹۰ درصد از حوضه دارای پوشش ضعیف است، که این مقدار پوشش نقش بسیار ضعیفی را در منطقه دارد.

1 . Landuse
2 U.S Frost Sercive 1969.



نقشه ۳. واحدهای هیدرولوژیک خاک حوضه   نقشه ۴. کاربری اراضی حوضه داورزن

نقشهٔ شماره ۵ وضعیت و گرایش پوشش گیاهی حوضهٔ داورزن را نشان می‌دهد. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بدون در نظر گرفتن اهمیت هر لایه در پهنه‌بندی، نمی‌تواند ارزش واقعی لایه‌ها را در تلفیق دخالت دهد و واحدهای با ارزش متفاوت، همگی در یک کلاس جای می‌گیرند. لذا به هر لایه و هر واحد اطلاعاتی وزن خاصّی داده شده است. وزن هر لایه با توجه به تأثیرگذاری آن در میزان خطر فرسایش حوضه تعیین و با استناد به منابع و نظرات کارشناسی رتبه‌بندی شده است. محدودهٔ وزن‌دهی بین صفر تا ده در نظر گرفته شده است. از آن جا که شیب حوضه اثر آشکارتری بر فرسایش دارد و بخش زیادی از حوضه را تیپ کوهستانی منحصر به فرد شامل می‌شود، از این‌رو بیشترین وزن به این لایه اختصاص یافته است. پس از آن حسّاسیّت سنگهای حوضه به فرسایش قابل طرح است. ساختمان زمین‌شناسی و سازندهای حوضه عمدتاً مربوط به واحدهای فرسوده و قدیمی است. بیشتر تشکیلات دارای قابلیّت نفوذپذیری کم تا متوسط است، همچنین فقر و پوشش گیاهی نیز آن را تشدید نموده است. کاربری حوضه سومین وزن را داراست، به گونه‌ای که دخالت و بهره‌برداری غلط از مراتع حوضه، میزان فرسایش را در منطقه افزایش داده و در مراتب بعدی، گروههای هیدرولوژیک خاک و وضعیت و گرایش پوشش گیاهی حوضه، وزنهای بعدی را به خود اختصاص داده‌اند.

بر اساس وزن‌دهی به هر واحد و لایهٔ اطلاعاتی، و سپس تلفیق این لایه‌ها در قالب اپراتورهای جمع جبری فازی، ضرب جبری فازی و فازی گاما با توابع ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ و اتصال بانکهای اطلاعاتی نقشه‌ها به یکدیگر پهنه‌های خطر فرسایش در سطح حوضه در هر اپراتور مشخص شد. سپس از طریق بررسی هیستوگرام توزیع فراوانی، ارزش عددی پیکسلهای مربوط به هر یک از نقشه‌های ساخته شده، چهار پهنه در سطح حوضه تعیین گردید. این چهار پهنه شامل پهنه‌های با فرسایش کم،[1] متوسط،[2] زیاد[3] و خیلی زیاد[4] می باشد.

تجزیه و تحلیل فرسایش در حوضهٔ آبخیز داورزن:

از آن جا که هدف بررسی خطر فرسایش حوضه با استفاده از الگوی منطق فازی است، اپراتورهای اعمال شده به شرح زیر است:

اپراتور جمع جبری فازی:

در این اپراتور متمّم ضرب متمم مجموعه‌ها به حساب می‌آید. به عبارتی دیگر، در این عملگر، نقشهٔ خروجی بر اساس بیشترین اشتراک ارزش عضویّت فازی هر یک از عوامل، به عنوان زیربنای مجموعه‌ها در موضوع موردنظر، ساخته و تهیه می‌شود. به گونه‌ای که پذیرش یا ردّ فرضیهٔ تعریف شده دربارهٔ موضوع موردنظر، بر پایهٔ ارزش عضویّت هر یک از عوامل یا زیر مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. پس از کسرشدن از ارزش حدّاکثر حالت مطلوب که مساوی یک است، همواره بیشتر از ارزش هر یک از زیرمجموعه‌هاست که رابطهٔ آن به شرح زیر است:

$$\mu Combination = \prod_{i=1}^{n} (\mu_i)$$

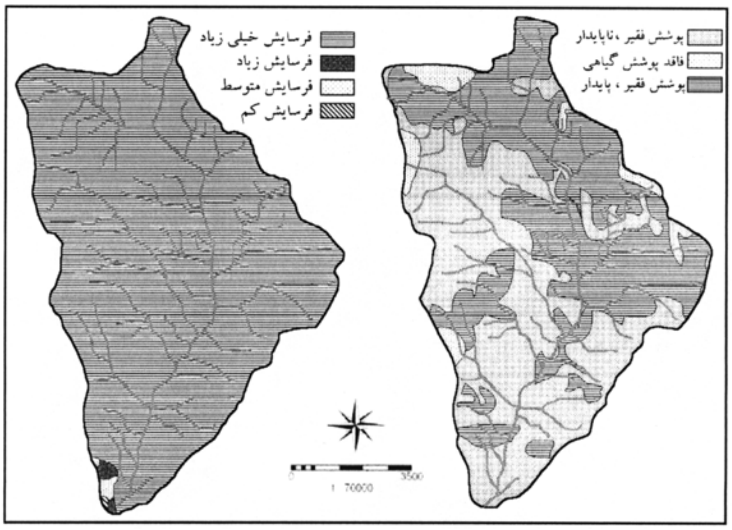
μ_i= تابع عضویت فازی برای نقشه (i)ام

i= تعداد نقشه‌هایی که با یکدیگر تلفیق و ترکیب می‌شوند.

1. Low
2. moderate
3. high
4. Very high

در این اپراتورها در نقشهٔ خروجی، ارزش پیکسلها به سمت یک میل می کند و در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در یک کلاس خوب قرار می گیرند. به همین دلیل این اپراتور حساسیّت بسیار کمی در پهنه‌بندی دارد. نقشهٔ پهنه‌بندی در این اپراتور بر اساس فرمول زیر استخراج شده است:

$$\text{Erosion Fu} = 1-(1-\text{slope Fu}) \times (1-\text{eart Fu}) \times (1-\text{landuse Fu}) \times (1-\text{soil Fu}) \times (1-\text{cover Fu})$$



نقشهٔ ۵. پوشش گیاهی حوضه　　نقشهٔ ۶. پهنه‌بندی فرسایش در عملگر جمع جبری فازی

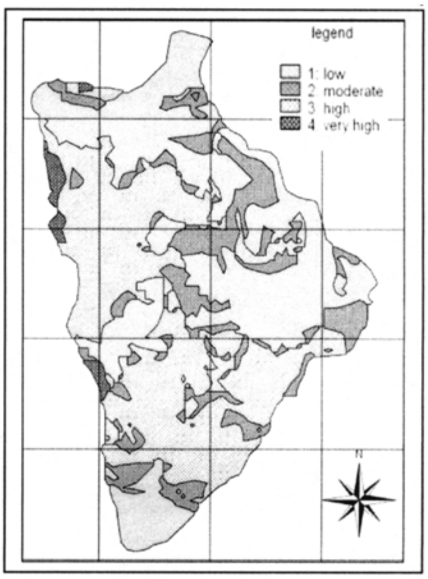
اپراتور ضرب فازی:

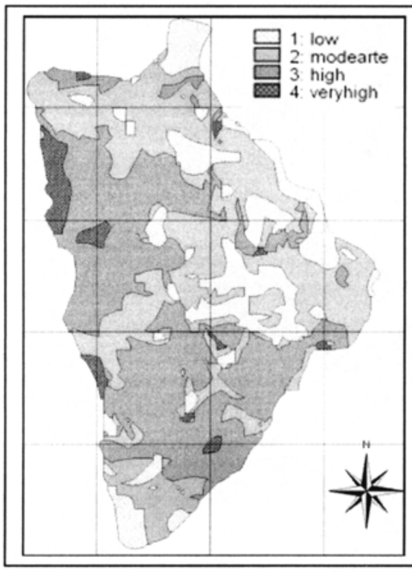
در این اپراتور تمامی لایه‌های اطّلاعاتی در هم ضرب می‌شوند. در این عملگر به دلیل تغییرات ارزش هر یک از زیرمجموعه‌ها در حد فاصل بین صفر و یک، که به صورت اعشاری هستند، میزان ارزش عضویّت ترکیبی همواره کوچکتر از ارزش عضویّت هر یک از زیرمجموعه‌ها یا از عوامل مشارکت کمتر است. به عبارت دیگر نتیجهٔ به دست آمده همواره کمتر از کوچکترین تعداد و یا حداکثر مساوی ارزش هر یک از زیرمجموعه هاست. رابطهٔ این علمگر به شرح زیر است:

این اپراتور باعث می شود تا در نقشهٔ خروجی، اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند و در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خوب قرار می گیرد. به همین دلیل این اپراتور حسّاسیّت بالایی در پهنه‌بندی اعمال می کند. در این اپراتور تمامی واحدها و لایه‌ها در تلفیق دخالت داده می‌شود. حساسیّت بالای این اپراتور،

دلیل مناسب‌بودن مطلق این الگو برای پهنه‌بندی نیست، زیرا ممکن است عرصه‌های فرسایش‌پذیر دیگری هم وجود داشته باشد که به دلیل حساسیّت بالای این الگو جزو مناطق فرسایش‌پذیر قرار نگیرند. بر اساس فرمول زیر نقشهٔ پهنه‌بندی در این اپراتور استخراج می شود:

Erosion Fu= (slope Fu) × (eart Fu) × (landuse Fu) × (soil Fu) × (cover Fu)





نقشهٔ۷. پهنه‌بندی فرسایش در عملگر ضرب جبری فازی   نقشهٔ ۸. پهنه‌بندی فرسایش در تابع فازی گامای ۰/۲

فاز گاما: با در نظر گرفتن اختلاف آشکار بین نتیجهٔ استفاده از عملگرهای جمع جبری فازی و ضرب فازی، یا به عبارتی جهت تعدیل حساسیّت بسیار بالای اپراتور ضرب فازی و حساسیّت بسیار کم اپراتور جمع جبری فازی، اپراتور دیگری به نام فاز گاما معرّفی شده است که روابط این عملگر به صورت زیر است:

$$\mu Combination = \left[1-\prod_{i=1}^{n}(1-\mu_i)\right]^{y} \times \left[\prod_{i=1}^{n}\mu_i\right]^{1-y}$$

به منظور دستیابی به نتیجهٔ مناسبتر به طور معمول از ضرب نمودن توابع مربوط به عملگرهای جمع و ضرب‌فازی به ترتیب با نمایه‌های y و 1-y می‌توان استفاده کرد، که در آن مقدار گاما بین صفر و یک تغییر می‌کند ($o < y < l$). مقدار گاما از طریق قضاوت کارشناسی مبتنی بر نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های

مشاهده شده یا تجربیّات موجوددربارهٔ موضوع مورد بررسی تعیین و یا از طریق آزمون سعی و خطا درتطبیق با شواهد واقعی می‌شود. از این رو استفاده از عملگر گاما موجب دستیابی به خروجی‌هایی می‌شود که مناسبترین مقادیر خروجیها را در تطبیق با واقعیّتها و در مقایسه با خروجی‌های حاصل از کاربرد سایر علمگرها مشخص می‌نماید، زیرا انتخاب مناسبترین خروجی به صورت حالت میانه، مقایسه‌ای بین مقادیر حداکثر [1] یا حداقل [2] عضویّت و اشتراک هر یک از زیر مجموعه‌هاست، که به ترتیب تأثیر افزایشی و کاهشی در تلفیق موارد تعیین شده وخروجی‌ها دارند. به همین دلیل امکان در نظر گرفتن مقادیر مختلف برای نمای گاما ممکن می‌شود(زیسون و زیمرمان و همکاران، ۱۹۹۱، قدسی ۱۳۸۱).[3] دلیل این موضوع به ساختار تابع گاما باز می‌گردد، زیرا به ازای مقادیر y=o و y=l، خروجی به ترتیب مساوی مقادیر حاصل از توابع جمع جبری فازی و ضرب جبری فازی خواهد بود. اگر y=l باشد، نقشهٔ خروجی همان نقشهٔ حاصل از جمع جبری فازی خواهد بودو اگر y=o باشد، نقشهٔ خروجی همان نقشهٔ حاصل از ضرب جبری فازی است. بنابراین محدودهٔ تغییرات y بین صفر و یک است (کارتر، ۱۹۹۶)[4] در این تحقیق از تابع فازی گامای ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ استفاده شده است که تعریف توابع مربوط به عملگرهای گاما در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به صورت زیر است:

تابع فازی گامای ۰/۲	$(Fs)^{0/2} \times (Fp)^{0/8}$
تابع فازی گامای ۰/۸	$(Fs)^{0/8} \times (Fp)^{0/2}$
تابع فازی گامای ۰/۵	$(Fs)^{0/5} \times (Fp)^{0/5}$

و فرمول آن به شکل زیر است:

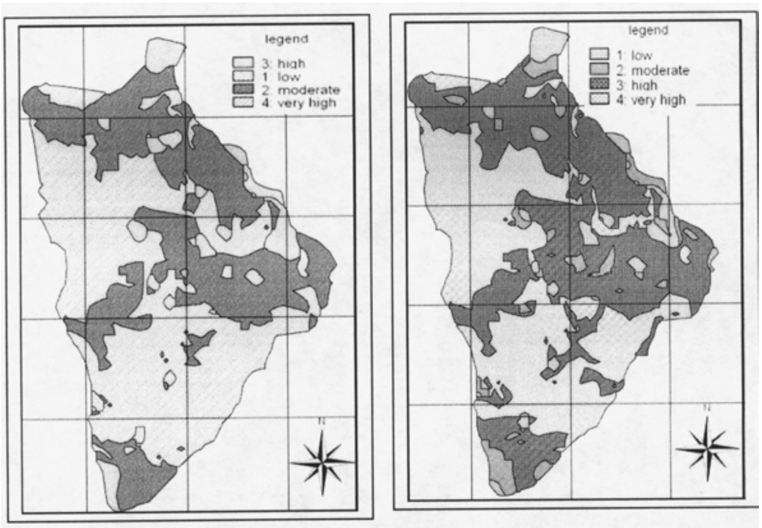
μCombination=(ضرب جبری فازی) × (جمع جبری فازی)

نقشهٔ حاصل از اپراتورهای ذکر شده در نقشه‌های شماره(۱۰)، (۹)، (۸)، آورده شده است.

1. Increase
2.Decrease
3. Zyson and Zimmer Mann
4. Carter

نتایج:

در اپراتور جمع جبری فازی، بخش اعظم حوضه جزو پهنه‌هایی با فرسایش‌پذیری زیاد تشخیص داده شده است و واحدهای دارای شرایط کاملاً متفاوت، همگی در یک پهنه قرار دارند. در حالی که واحدهای با شرایط یکسان در پهنه‌های متفاوت جای گرفته‌اند. با توجه به ماهیّت این اپراتور چون ارزش پیکسلها به سمت یک میل می‌کند، در نتیجه مقدار پیکسل بیشتری در یک کلاس خیلی فرسایش‌پذیر قرار می‌گیرد. گونه‌ای که ۹۹/۱۵ درصد از مساحت حوضه را پهنه‌های فرسایش‌پذیر زیاد در بر گرفته است.



نقشه های ۹ و ۱۰. پهنه‌بندی فرسایش در اپراتورهای فازی گامای ۰/۸ و ۰/۵

در اپراتور ضرب جبری فازی، پهنه‌های با فرسایش‌پذیری کم، ۴۰/۶۳ درصد از مساحت حوضه را در بر گرفته است و پهنه‌های با فرسایش‌پذیری خیلی زیاد، ۱/۶۸ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شود. در حالی که از نظر انطباق با شرایط طبیعی منطقه با واقعیّت تطابق ندارد. در این اپراتور چون تمامی لایه‌ها در هم ضرب می‌شوند و به دلیل ماهیت اعداد که همان درجهٔ عضویّت در مجموعهٔ فازی است، این اپراتور باعث می‌شود تا در نقشهٔ خروجی اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل نمایند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی سیل‌خیز قرار می‌گیرند، لذا این اپراتور دقّت لازم را در پهنه‌بندی فرسایش در حوضهٔ داورزن

ندارد. در الگوی فازی گاما با توابع ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ و تطابق هر کدام از پهنه‌های تعیین شده توسط اپراتورهای مذکور با شرایط طبیعی، منطقهٔ اپراتور ۰/۵ از دقّت بالایی در پهنه‌بندی فرسایش برخوردار است. به گونه‌ای که پهنه‌های فرسایش‌پذیر و خیلی فرسایش‌پذیر منطبق بر واحدهایی هستند که از نظر شرایط طبیعی برای فرسایش‌پذیری مطرح‌اند.

۶/۹۷ درصد از حوضه جزو پهنه‌های با فرسایش‌پذیری کم، ۰/۸۷ درصد جزو پهنه‌های با فرسایش‌پذیری متوسط، ۳۹/۰۹ درصد با فرسایش‌پذیری زیاد و نهایتاً ۵۳/۰۷ درصد با فرسایش‌پذیری خیلی زیاد است.

بحث و نتیجه‌گیری:

حوضهٔ آبخیز یک محدودهٔ جغرافیایی است که به صورت سامانهٔ پویا عمل می‌کند و بستر مناسبی را برای ساماندهی و مدیریت ساکنان محلّی و سرمایه‌گذاران فراهم می‌سازد. در واقع یک حوضهٔ آبخیز یک واحد هیدرولوژیکی بوده که اجزای طبیعی آن، از جمله منابع آب و خاک، پوشش گیاهی و زمین‌شناسی و غیره اثرگذار بر یکدیگر بوده و روابط پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد. به منظور اعمال مدیریت کارا در یک منطقه و در نظرگرفتن کوچکترین واحد، که تمام واکنشها و روابط متقابل اجزاء طبیعی و انسانی را در برمی‌گیرد، ضروری است. حوضهٔ آبخیز این ویژگی را به خوبی داراست و در این بین تأکید بر نقش انسان است، زیرا امکان حفظ و توسعهٔ حوضهٔ آبخیز را ممکن می‌سازد. با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان بیان نمود که در میان اپراتورهای ذکر شده در تعیین پهنه‌های فرسایش‌پذیر، اپراتور فازی گاما با تابع ۰/۵، بهترین پهنه‌بندی را برای فرسایش حوضهٔ داورزن ارائه نموده است. به عبارتی تعیین پهنه‌های فرسایش‌پذیر توسط این اپراتور از دقّت بالایی نسبت به سایر اپراتورها در الگوی منطق فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برخوردار است.

منابع و مآخذ:

۱. آذر عادل و حجت فرجی، ۱۳۸۱، *علم مدیریت فازی*، انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد، صص ۲۰ -۱۸.

۲. دادرسی، ابوالقاسم، ۱۳۸۲، *بررسی کاربرد GIS,RS در تهیهٔ نقشهٔ سیمای فرسایش مطالعهٔ موردی حوضهٔ آبخیز کلاته سادات و بفره شهرستان سبزوار*، گزارش طرح تحقیقاتی سازمان حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، صص ۲۰ – ۱۵.

۳. درویشی، یوسف، ۱۳۸۳، *تحلیل پارامترهای مؤثر در فرسایش حوضه آبخیز عنبران*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهرا، صص ۸۰ –۴۰.

۴. رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۵، *فرسایش آبی و کنترل آن*، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۲۳۰ – ۲۱۵.

۵. زاهدی، مرتضی، ۱۳۷۸، *تئوری مجموعه‌های فازی*، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۳۰ – ۲۷.

۶. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، *نقشه‌های توپوگرافی* مقیاس ۲۵۰۰۰۰: ۱ و ۵۰۰۰۰: ۱ پوشش منطقه.

۷. سازمان سنجش از دور ایران، ۱۹۸۸، *تصاویر ماهواره‌ای لندست*.

۸ طاهری، محمود، ۱۳۷۸، *آشنایی با نظریه‌های مجموعه فازی*، انتشارات جهاددانشگاهی، صص ۴۰ – ۲۵.

۹. قدوسی، جمال، ۱۳۸۲، *الگوسازی مرفولوژی فرسایش خندقی و پهنه‌بندی خطر آن مطالعه موردی حوضه آبخیز زنجان‌رود*، رسالهٔ دکتری، صص ۲۴۰ – ۲۳۲.

۱۰. کردوانی، پرویز، ۱۳۷۹، *حفاظت خاک انتشارات دانشگاه تهران*، صص ۱۲۰–۸۰

۱۱. کشاورز، بخشایش محمد، ۱۳۷۳، *بررسی فرسایش‌پذیری حوضه آبخیز اوجان چای (بستان‌آباد) با استفاده از تئوری فازی*، پایان‌نامهٔ ارشد، مدرس.

12. Baker Martham Gerard. Govers Costas Kosma, (2004), *Soil Erosion As A, Driver of Land – Use Change agriculture ecosystem and environment*, p.p:1-15.

13. Grame F Carter Boham, (1996), *Geomorphic Information System For Geoscientists* (modeling for GIs) peragman publication, U.S A. chapter 9, p.p: 267-370.

14. Nisar. T.R. K. Gopal Rao J.S.R Mur thy, (2000), *Fuzzy Class Member ship Approach To Soil Erosion Modelling agricultural system 63*, p.p: 97-110.

15. Sendei, J Ramo Vlandan Devedzic, (2004), *Fuzzy System Base On Component Soft Ware fuzzy set and system 141*, p.p: 487-504.

16. Tran L. T. Ridey M.A. L. Duckstion, (2000), *Application Of Fuzzy Logic- Based Modeling To Improve The Per Romance of The Reviled Universal Soil Loss Equation catena* 47, p.p: 203-226.

17. Szilag Jozef Marc- parlang, (1999), *A Geomorphology Based Semi – distributed Watershed Model advances in water resources* 230, p.p: 177-187.

18. zergr. A, (2002), *Examining GIS Decision Utility For Natural Hazard Risk Modeling environment modeling* & soft ware 17, p.p: 287-295.